

# ANÁLISE DA DINÂMICA DO USO DA TERRA: O ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO, S.P.

*Antonio Marcos Machado de OLIVEIRA<sup>1</sup>*

*Sérgio dos Anjos Ferreira PINTO<sup>2</sup>*

## Resumo

O trabalho apresenta uma análise temporal da dinâmica do uso da terra, na bacia hidrográfica do Ribeirão São João, SP. Este estudo foi conduzido através da combinação das técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento (processamento de imagens digitais e SIG's) e do modelo EUPS (Equação Universal de Perdas de Solos). Desta forma, foi possível, além de avaliar a evolução temporal do uso da terra, também caracterizar o potencial natural de erosão, e indicar o uso/ ocupação permissível das terras, assinalando-se assim, a adequação do uso da terra para os três cenários estudados: 1962, 1972 e 1996. Através desta análise, observou-se que de 1962 para 1996 houve uma intensificação da ação antrópica, em decorrência da expansão das atividades agrícolas (principalmente da citricultura), aumentando as áreas com risco à erosão.

**Palavras-chave:** Uso da Terra; Sensoriamento Remoto; Geoprocessamento; Erosão.

## Abstract

### **Analysis of the dynamic of land use: the case of Ribeirão São João basin**

This work presents temporal analysis of dynamic land use in the basin of River São João, São Paulo State. The survey was realized through combination remote sensing and geoprocessing techniques and the model USLE (Universal Soil Loss Equation). So, it was possible to evaluate the temporal evolution land use, to characterize the natural potential to erosion, indicating adequate land use in three studied sceneries: 1962, 1972 and 1996. Through this analysis, it was verified between 1962 – 1996 there was a intensification antropic activities, as consequence expansion of agricultural activities (especially citriculture), increasing erosive processing.

**Key words:** Land use; remote sensing; geoprocessing; erosion.

---

<sup>1</sup> Mestre em Geografia - UNESP – Rio Claro, SP - Avenida 50 nº 760, bloco 4 apto.3, Cep 13504-060, Rio Claro, S.P. - e-mail [denitaba@uol.com.br](mailto:denitaba@uol.com.br)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Livre-Docente –DEPLAN - IGCE - UNESP – Rio Claro, S.P. - [sanjos@rc.unesp.br](mailto:sanjos@rc.unesp.br)

## INTRODUÇÃO

O uso intensivo das terras cultiváveis, caracterizado não só pela retirada da vegetação, mas sobretudo pela alta mecanização e emprego de insumos, pode torná-las inóspitas, além de causar sérios danos ao meio ambiente.

Muitos pesquisadores preocupam-se com os problemas relacionados à erosão dos solos e, dessa forma, vêm desenvolvendo trabalhos onde procuram caracterizá-la e, ao mesmo tempo, definir metas para uma adequação do uso das terras, visando dar subsídios ao seu planejamento racional.

Segundo Freire (1995), o uso da terra é um dos fatores que influenciam a quantidade de perdas de material do solo. Se as limitações de uso não forem observadas, ocorrerão perdas consideradas inaceitáveis, mesmo se houver a aplicação de práticas intensivas de controle à erosão. Isso porque, há solos que podem ser utilizados com qualquer atividade humana, enquanto que outros apresentam limitações de uso; assim, o planejamento prévio do uso do solo é condição fundamental para o sucesso das práticas de controle da erosão.

Valério Filho (1995) propõe a adoção de estudos integrados em bacias hidrográficas. No entendimento do autor, o planejamento da ocupação adequada de uma bacia hidrográfica permite formular e implementar ações para o manejo dos recursos naturais, evitando, assim, a deterioração dos sistemas ambientais, bem como do setor produtivo.

De acordo com Pinto et al. (1989), "a ocorrência de áreas de discrepâncias, entre o uso efetivo da terra e sua aptidão agrícola, pode concorrer em alguns casos, para o decréscimo da produtividade agrícola, bem como para a degradação dos solos". Para evitar tal situação os citados autores propõem um levantamento periódico para o acompanhamento do uso da terra, com o intuito de obter-se uma avaliação histórica da ocupação antrópica, favorecendo uma análise de tendências, bem como criar registros referentes a esta temática para planejamento.

Para a caracterização e compreensão da erosão dos solos, torna-se necessário analisar os fatores do meio físico envolvidos nesse processo, tais como, declive do terreno, comprimento de vertente, poder erosivo das chuvas, características dos solos, além do uso/ocupação das terras, que inclui a cobertura vegetal natural e aquelas conduzidas pela ação do homem.

O monitoramento e análise da ocupação antrópica e de suas adequações às condições do meio físico podem ser realizados e agilizados com a utilização conjugada das técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento (em especial os Sistemas de Informações Geográficas – SIGs) e com o suporte de modelos predictivos de perdas de solos, como por exemplo a EUPS (Equação Universal de Perdas de Solo) – WISCHMEIER; SMITH, 1978).

As tecnologias de sensoriamento remoto e de geoprocessamento constituem ferramentas que permitem a coleta e a manipulação de grande número de dados, bem como o cruzamento das informações de maneira rápida e eficiente, protagonizando um papel de grande relevância para a execução desses estudos.

Por sua vez, o modelo EUPS pode ser utilizado para a caracterização de indicadores da erosão dos solos face à ocupação agrícola das terras, como por exemplo o potencial natural e a predisposição aos riscos de erosão. Pinto (1991) desenvolveu trabalho com esta perspectiva metodológica, aplicando o modelo EUPS, combinando dados de sensoriamento remoto e as técnicas de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), para caracterizar e analisar a atuação de processos de erosão acelerada dos solos e de diferentes níveis de susceptibilidade a esses processos, em área de estudo na região de Casa Branca (SP).

Neste contexto, o interesse em estudar a bacia hidrográfica do Ribeirão São João (porção centro-oeste paulista), já caracterizada na dissertação de mestrado desenvolvida por Oliveira (2000), deve-se ao fato de a mesma estar localizada numa região onde as atividades agrícolas são intensas, predominando as citricolas e as canavieiras, as quais empregam em grande escala aos tipos de manejo mecânico, químico e biológico. O desenvolvimento dessas atividades está relacionado à tecnificação agrícola que tem gerado constantes impactos ambientais e sociais. Por melhor conduzidas que sejam, essas atividades, em geral, levam a algum tipo de degradação ambiental e, consequentemente, a uma queda da qualidade de vida da população, necessitando-se, assim, de um estudo a respeito de tal problemática.

Tendo em vista estes aspectos, o presente trabalho foi conduzido considerando as seguintes premissas: a) as intervenções antrópicas em uma área, em particular as atividades agrícolas, conduzem muitas vezes à degradação ambiental, em especial sobre os solos e b) a análise da ocupação antrópica e de suas adequações às condições do meio físico pode ser realizada e agilizada com o apoio das técnicas de sensoriamento remoto e de Sistemas de Informações Geográficas.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar a variação da ocupação das terras e caracterizar indicadores da erosão dos solos, em cenários selecionados, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, e com o suporte do modelo EUPS, em uma bacia hidrográfica de pequeno porte.

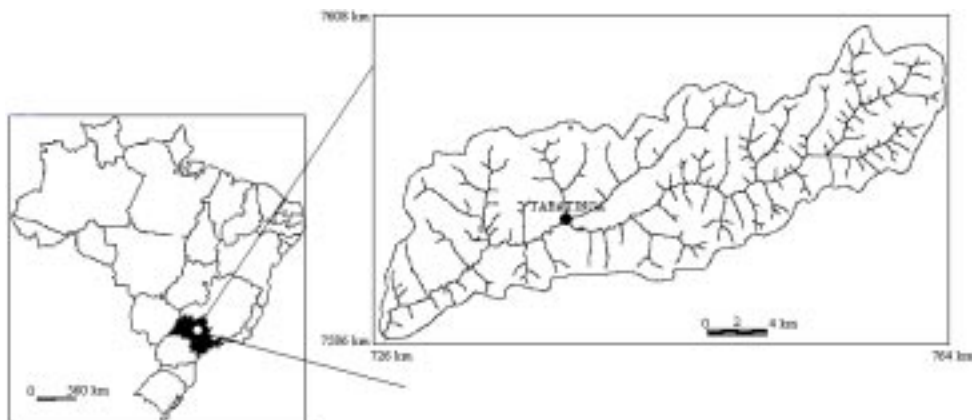
## **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A área selecionada para esse estudo foi a bacia hidrográfica do Ribeirão São João, com uma área de 35360,91 hectares (354 km<sup>2</sup>). Localizada no interior do Estado de São Paulo, no Planalto Ocidental (setor centro-norte do território paulista), situa-se aproximadamente entre as latitudes 21°49' e 21°53'S, e as longitudes 48°49' e 48°33'W Grw. (Figura.1). Cinco municípios estão inseridos nesta bacia: Ibitinga, Matão, Itápolis, Nova Europa e Tabatinga, sendo que este último é o que ocupa a maior área.

Conforme Almeida (1961, p. 254), o Planalto Ocidental "compreende as regiões que se estendem para noroeste das cuestas basálticas, a partir de um ressalto topográfico que se destaca do reverso da cuesta interna" e caracteriza-se por uma sucessão de relevo ondulados e suavizados. Esta província, (segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1981b), ocupa aproximadamente 50% da área do Estado de São Paulo.

Na área de estudo, há um predomínio de litologias do Grupo Bauru, que de acordo com Almeida (1961, p. 256), na sua maior parte encontra-se

desfeito em relevo uniforme e monótono, com extensos espigões de perfis convexos e cimos ondulados, com terminações laterais lobadas, configurando baixas e amplas colinas que avançam em direção aos vales dos principais rios que buscam o Paraná, separando seus afluentes. A maior parte desse relevo está a menos de 600 m de altitude, e seus desníveis locais raramente se aproximam de uma centena de metros. A geral convexidade das formas topográficas, só raramente interrompida pelo afloramento de camada mais resistente de arenito calcário, e os reduzidos ângulos dos perfis das vertentes, emprestam a esse relevo notável suavidade.

**Figura 1 - Localização da área de estudo**

O Grupo Bauru, conforme o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, (1981a), está representado pela Formação Adamantina que caracteriza-se pela presença de arenitos finos a muito finos, com teor de matriz variável, lamitos e siltitos de cores creme e vermelho.

Além da Formação Adamantina, há também a presença de litologias da Formação Serra Geral, do Grupo São Bento, composta por basaltos toleíticos em derrames tabulares superpostos e arenitos intertrapianos (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (1981b). Esta Formação localiza-se às margens do Ribeirão São João, partindo do médio curso em direção à jusante.

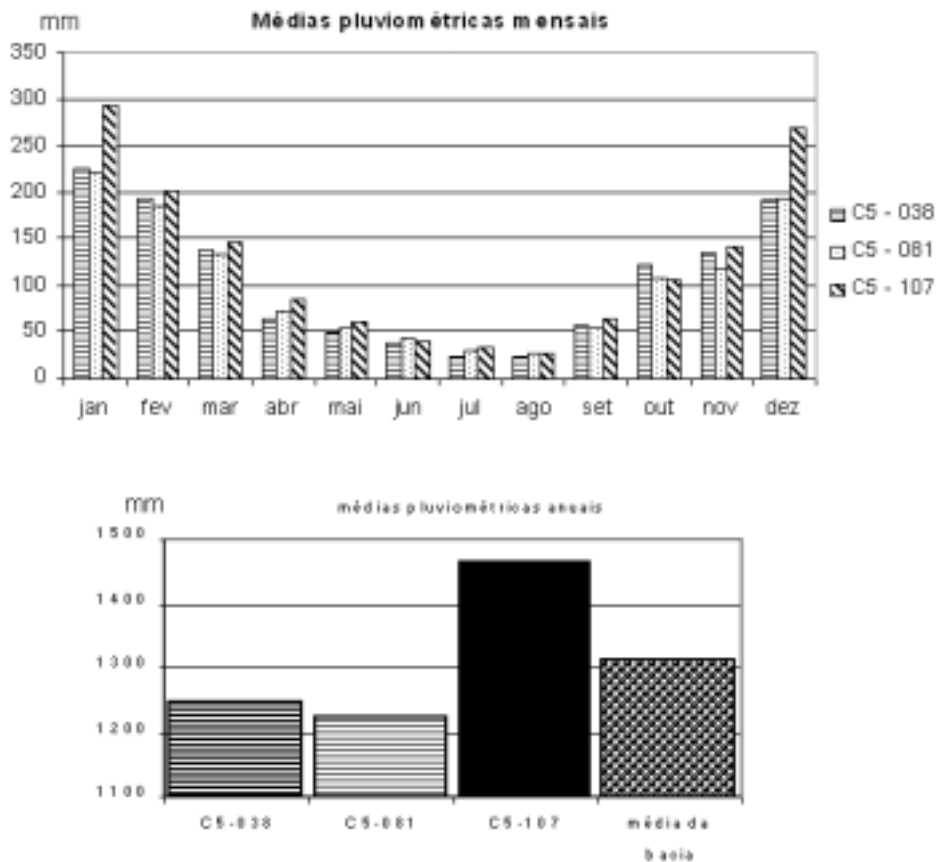
De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (1981b), a área de estudo, apresenta relevos colinosos, onde predominam baixas declividades - até 15% - e amplitudes altimétricas locais inferiores a 100 metros. São caracterizados por colinas médias e amplas onde se destacam interflúvios com áreas de 1 a 4 quilômetros, topos aplainados, vertentes com perfis convexos.

A drenagem é de média a baixa densidade, padrão sub-retangular, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas e presença eventual de lagoas perenes e intermitentes. A rede hidrográfica atual alojou-se nas camadas mais pobres por serem as mais inconsistentes e facilmente erodíveis. (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981b).

Os solos predominantes na bacia, são representados pelo latossolo vermelho amarelo (LV), latossolo vermelho escuro (LE), podzólicos vermelho escuro (PE), podzólicos vermelho amarelo (PV) e hidromórficos (Hi).

Quanto ao clima, este se apresenta com verão muito quente e longo, úmido de dezembro a março e inverno seco. De acordo com os dados coletados a partir de três postos pluviométricos, situados, um dentro da bacia, e dois nas suas proximidades, conforme a figura 6, as médias anuais de precipitação giram em torno de 1312 mm. Os gráficos (Figura 2) apresentam as médias pluviométricas mensais e anuais para cada posto.

Quanto à temperatura, o quadro 1 e o gráfico (Figura 3), confeccionados a partir dos dados do DAEE (1994) extraídos da estação Ibitinga, mostra que a média anual está entre 18,2 e 26°C.

**Figura 2 - Gráfico das médias pluviométricas mensais e anuais**

Segundo Setzer (1966), a área da bacia era quase que toda coberta pelo cerradão, onde se destacavam o angico e o ipê, com a ocorrência da mata tropical pluvial nos diques fluviais, alúvios enxutos e terras roxas argilosas ao longo dos rios. Estas se destacavam pelas madeiras de alto valor econômico, como perobas.

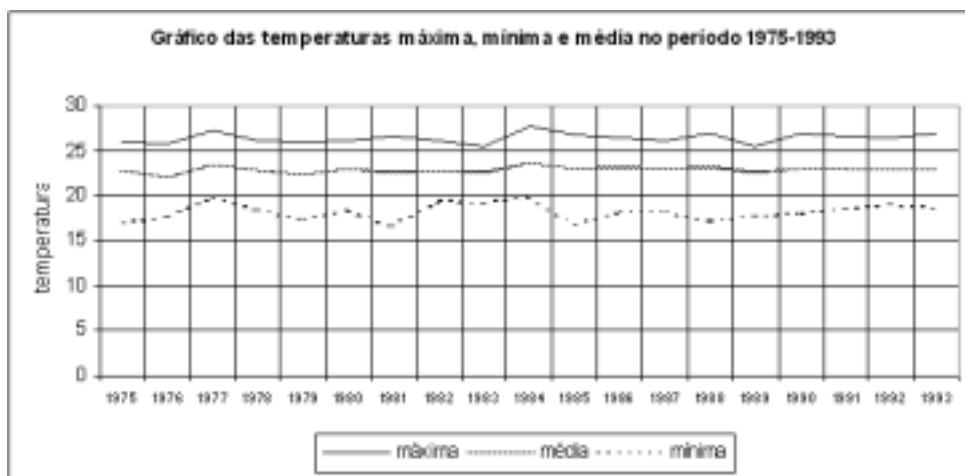
Contudo, na bacia hidrográfica do Ribeirão São João resta apenas uma pequena área ocupada por essas vegetações, pois foram substituídas pelas culturas anuais e principalmente pelas culturas perenes (primeiramente, a cafeicultura e posteriormente a citricultura e cana-de-açúcar).

**Quadro 1 - Dados metereológicos mensais da Estação Ibitinga (C5-110M)**

Dados metereológicos mensais																			
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
min	17,1	17,7	19,8	18,4	17,4	18,4	16,6	19,4	19,2	19,8	16,8	18,2	18,3	17,2	17,9	18,1	18,6	19	18,6
méd	23	22,1	23,6	22,9	22,6	23,1	22,8	22,9	22,8	23,8	23,1	23,3	23,1	23,3	22,7	23,2	23,2	23	23
máx	25,9	25,8	27,2	26,2	25,9	26,1	26,6	26,2	25,5	27,8	26,7	26,4	26,1	26,9	25,6	27	26,5	26,3	27

Fonte: DAEE, 1994.

**Figura 3 - Gráfico de temperaturas**



Fonte: DAEE, 1994.

## MATERIAIS E METODOLOGIA

### Materials

- Fotografias aéreas pancromáticas na escala aproximada de 1:25.000 (1962 e 1972);
- Imagens TM/ LANDSAT 5, no formato digital, nas bandas TM 3, 4 e 5; Órbita: 221.75, de 30/07/1996;
- Cartas topográficas do IBGE, na escala de 1:50.000, referente às folhas: Tabatinga, Itápolis, Ibitinga, Nova Europa e Matão;
- Softwares: SGI, IDRISI e Aldus Photostyler;
- Scanner Summagraphics (tamanho A0);
- Estereoscópio de espelho;
- Mesa digitalizadora;
- Impressora HP Deskjet;
- Microcomputador Pentium.

## METODOLOGIA

### *Parâmetros do Modelo EUPS*

Como já indicado, o modelo da Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS foi utilizado para a caracterização de indicadores da erosão dos solos, considerando o potencial natural e adequação do uso da terra, conforme proposto em Pinto (1991). A EUPS é expressa genericamente por:  $A = R.K.L.S.C.P$ , onde: A= predição de perdas de solo; R= erosividade das chuvas; K= erodibilidade dos solos; L= extensão de vertentes; S= declividade; C= cobertura vegetal e manejo; P= práticas de conservação do solo.

A seguir são apresentados os procedimentos para obtenção dos dados dos termos da EUPS.

### *Erosividade (R)*

Os dados referentes ao fator erosividade, foram obtidos conforme indicado em Lombardi Neto e Moldenhauer (1992):

$$EI = 68,730(R^2/p)^{0,841}, \text{ sendo:}$$

EI – Média mensal do índice de erosão (Mj.mm/ha.h);

R – Precipitação média mensal em mm;

P – Precipitação média anual em mm,

onde:

$$R = \{ \sum EI_{\text{mês}} = EI_1 + EI_2 + \dots + EI_{12} \}$$

A partir dessa formulação, procedeu-se ao cálculo do índice de erosividade para a bacia do Ribeirão São João, utilizando-se de uma série histórica de dados de precipitação coletados pelo DAEE/SP, relativos a três postos pluviométricos.

### *Erodibilidade (K)*

O parâmetro erodibilidade (K) do solo, segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), refere-se à suscetibilidade de um solo à erosão, sendo que o mesmo varia naturalmente conforme as características físicas do solo, e que se modificam conforme o tipo de solo.

Na área de estudo, a documentação cartográfica referente a cobertura pedológica se resume às informações contidas nos mapas de escala regional, 1:500.000, do levantamento de 1960 do S.N.L.C.S. do Ministério da Agricultura. Dessa forma, procedeu-se à elaboração de um esboço fotopedológico, tendo como suporte esses documentos cartográficos, além do mapa geológico do IPT – folha Araraquara – na escala 1:250.000, e das cartas topográficas na escala 1:50.000. O esboço fotopedológico foi preparado a partir da análise interpretativa de fotos aéreas, na escala aproximada de 1:25.000 do aerolevantamento de 1972.

Através da fotointerpretação identificou-se os limites entre os dois principais agrupamentos de solo predominantes na área: latossólico e podzólico, respectivamente, e as várzeas. Este procedimento foi realizado baseando-se principalmente na configuração do relevo, onde, por meio da identificação das rupturas do relevo, pode-se delimitar o contato entre eles, pois, segundo Prado (1996), em regiões de clima

tropical úmido, geralmente no relevo suavemente ondulado, ocorrem solos com horizonte B latossólico, e os solos que apresentam B textural e B incipiente, como regra geral, ocorrem no relevo ondulado e forte ondulado, bem como a partir das rupturas convexas das vertentes.

Para a averiguação em campo os dados da fotointerpretação foram sobrepostos a uma carta topográfica, determinando-se 10 pontos de controle nos locais de topografia suavizada e em declives acentuados com maior suscetibilidade às dúvidas de interpretação. A vistoria nestes pontos foi realizada por meio de observação visual do relevo e através da coleta de amostras de solo extraídas por gradagem e em exposições em cortes nas estradas locais. No campo, através da observação de seus horizontes diagnósticos e seus principais atributos físicos, as ocorrências foram associadas às descrições dos solos, já mapeados anteriormente em escalas menores (perfis característicos).

O esboço fotopedológico elaborado foi ajustado à escala de trabalho (1:50.000) e a partir dele foram obtidos por associação/ enquadramento aproximativo os valores de erodibilidade para os diferentes tipos de solo, conforme Bertoni e Lombardi Neto (1990), como pode ser observado no quadro 2.

**Quadro 2 - Valores de erodibilidade (K)**

<b>tipos de solo da área</b>	<b>tipos de solo correspondente na relação de Bertoni e Lombardi Neto (1990)</b>	<b>valores de K</b>
Latossolo vermelho-escuro	Latossolo vermelho-escuro, orto	0,015
Latossolo vermelho-amarelo	Latossolo vermelho-amarelo, orto	0,022
Podzólicos vermelho-escuro	Podzólicos vermelho-amarelo, Piracicaba	0,028
Podzólicos vermelho-amarelo	Podzólicos vermelho-amarelo, orto	0,034

Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (1990)

#### *Fator Topográfico (LS)*

Para Bertoni e Lombardi Neto (1990) a intensidade da erosão pela água tem estreita relação com o comprimento do declive e seu gradiente. Baseando-se nesse fato, os autores mencionados definem o fator(LS) como sendo "a relação esperada de perdas de solo por unidade de área em um declive qualquer em relação a perdas de solo correspondentes de uma parcela unitária de 25m de comprimento com 9% de declive".

Bertoni e Lombardi Neto (1990) formularam a seguinte equação para o cálculo do fator (LS):

$$LS=0,00984.L^{0,63}.S^{1,18}, \text{ onde,}$$

LS – fator topográfico;

L – comprimento de vertente, em metros;

S – grau de declive, em %.

Os dados do fator topográfico foram obtidos a partir das bases cartográficas, implementados nos SIGs SGI e IDRISI.



### *Determinação da Extensão de vertente (L)*

Os dados referentes à esse termo foram obtidos conforme indicado a seguir:

- a) Empregou-se uma grade retangular, com células de 0,5x0,5cm, sobreposta à carta topográfica ( escala 1:50.000);
- b) Mediu-se para cada célula a distância entre a sua extremidade à jusante e a cota altimétrica de maior valor à sua montante, seguindo-se o possível caminho preferencial de escoamento das águas pluviais, conforme indicado em Pinto (1991), obtendo-se assim, uma matriz de valores do comprimento de vertente (em metros);
- c) Os valores foram digitados num editor de texto e estruturado como arquivo ASCII geo-referenciado (matriz de valores), constando em seu cabeçalho os dados de número de colunas e de linhas, a resolução horizontal e vertical, além das coordenadas x e y da extremidade inferior esquerda do retângulo envolvente da área de estudo;
- d) O arquivo ASCII foi migrado para o SIG (SGI) e definido um plano de informação. A entrada em forma de MNT propiciou a geração de uma imagem em termos de níveis de cinza;
- e) Finalmente, transferiu-se essa imagem para o IDRISI onde foi registrada com uma base cartográfica na escala 1:50.000, e aplicada uma classificação com as seguintes categorias em metros: < 50, de 50 a 100, 100 a 200, 200 a 300, 300 a 400, > 400 m.

### *Dados de classes de declividade:*

A opção para a determinação da declividade foi através de Modelos Numéricos de Terreno(MNT), com entrada das isolinhas de altimetria, das cartas topográficas, através de mesa digitalizadora.

O mapa de declividade foi gerado, considerando-se como referência as classes indicadas nas classificações de capacidade de uso das terras (Lepsch et al,1983). Em conformidade com as condições topográficas dominantes da área de estudo (interflúvios amplos e suavizados), foram adotadas as seguintes classes: < 2%, 2 a 5%, 5 a 10% e > 10%.

### *Indicação dos dados dos termos C e P da EUPS*

Com base nas informações de uso da terra para os cenários analisados (1962, 1972 e 1996), foram definidos os dados referentes ao fator C da EUPS. Os valores encontram-se relacionados na tabela 7 confeccionada a partir das tabelas de Donzeli et al.(1992) e Pinto (1996).

Por sua vez, para o fator P (práticas conservacionistas) adotou-se o valor 1, extensivo a toda a área de estudo, maximizando a indicação de perdas de solos. A adoção do valor 1 para este fator é decorrência da impossibilidade de se caracterizar a presença de práticas conservacionistas nas áreas agrícolas quando mapeadas por meio das imagens orbitais. Este procedimento também foi adotado por Pinto (1991) e Donzeli et al (1992).

Para a obtenção do potencial natural de erosão (PNE) utilizou-se os termos da EUPS referentes aos elementos do meio físico:  $A = PNE = R.K.L.S$

**Quadro 3 - Valores do fator C da EUPS, para as diferentes classes de uso da terra, considerando-se o manejo convencional para áreas agrícolas**

<b>uso da terra</b>	<b>valores do termo C</b>
vegetação natural (mata/cerradão)	0,00004
eucalipto (reflorestamento)	0,0001
área urbana	0,007
pastagem	0,01
cultura perene (citrus/café)	0,02
cana de açúcar	0,05
cultura anual	0,082

Fonte: Donzelli et al.(1992) e Pinto (1996)

*Aquisição de dados de uso da terra*

Os dados de uso da terra assim obtidos devem necessariamente obedecer a uma classificação, a qual, segundo Anderson (1979), não existe uma única e ideal, pois deve ser feita de forma a atender as necessidades do usuário.

Dessa forma, procurou-se estabelecer as classes de uso da terra em conformidade com os objetivos da pesquisa e com base nos trabalhos de Anderson (1979), Lepsch et al (1983) e, ainda, considerando-se a resolução espacial das imagens TM/LANDSAT e a escala de trabalho (1:50.000). Foram definidas sete classes de uso da terra: vegetação natural (mata e/ou cerrado), reflorestamento, pastagens, cultura perene, cana-de-açúcar, cultura anual e área urbana.

Esta classificação foi utilizada para análise tanto dos cenários 1962 e 1972, obtidos através de fotos aéreas, como para o cenário 1996, analisado através das imagens orbitais.

*Uso da terra de 1962 e 1972*

Para estes cenários utilizou-se de fotos aéreas de arquivo dos aerolevamentos realizados no Estado de São Paulo, de 1962 e 1972, na escala aproximada de 1:25.000.

A análise interpretativa das aerofotos foi conduzida obedecendo-se a critérios convencionais de fotointerpretação, tais como: tonalidade/cor, textura, forma/tamanho, sombra e padrão, já descritos em diversos manuais de fotointerpretação, bem como em trabalhos de levantamento do uso da terra.

Os mapas obtidos foram digitalizados através de scanner, e transferidos para o aplicativo Photostyler, onde atribuíram-se cores às classes de uso.

Os arquivos foram exportados para o IDRISI, onde registrou-se à base cartográfica, na escala de 1:50.000, utilizando-se do algoritmo Resample.

*Uso da terra de 1996*

Na elaboração desse mapa utilizou-se de imagens digitais do satélite LANDSAT 5, bandas TM 3, 4 e 5; órbita 221/75, de 30/07/1996. Para viabilizar o uso desses dados utilizou-se das técnicas de processamento de imagens digitais, indicados a seguir.

Este processamento de imagens digitais refere-se à manipulação de imagens por computador, através de opções que compõem os sistemas softwares dedicados. Sua finalidade é identificar, extrair e realçar as informações contidas nas imagens, tornando-as mais facilmente discerníveis para o analista. Este procedimento foi realizado nos softwares SITIM/IDRISI.

#### a) Realce de imagens

Uma imagem de satélite adquirida pelos sensores, pode apresentar 256 valores de cinza, entre o preto e o branco; o homem só consegue distinguir excepcionalmente até 30 tons de cinza. Nesse sentido, torna-se necessário um aumento de contraste, ou seja, uma expansão do histograma comprimido para ocupar todo o intervalo disponível (CROSTA, 1992).

Segundo Showengerdt (1983), através da manipulação de contraste uma cena opaca pode ser realçada, podendo-se observar uma melhor discriminação entre os alvos.

No presente trabalho este procedimento foi realizado através da opção de transformação por ampliação linear de contraste, conforme indicado em outros trabalhos como Pinto (1991). Esta opção consiste em expandir o intervalo dos níveis de cinza da imagem original, modificando os limites inferiores e superiores de seu histograma de frequência, na tentativa de fazer ocupar os 255 níveis de cinza possíveis. (PINTO, 1991).

Através da forma do histograma pode-se observar a intensidade média e o espalhamento dos valores dos tons de cinza tornando-se possível, assim, analisar o contraste da imagem, pois quanto maior o espalhamento ao longo do eixo, maior o contraste da imagem.

Este realce por ampliação linear de contraste, consiste de uma função de transferência através de uma reta, controlando-se a inclinação da reta e o ponto de intersecção com o eixo X.

#### b) Composições coloridas

As composições coloridas são de grande importância, pois se constituem em uma maneira de sintetizar, numa única imagem, uma grande quantidade de informação, ao mesmo tempo em que representam essa informação em diferentes cores, favorecendo sua interpretação.

Para se produzir uma composição colorida pode-se usar quaisquer três bandas do sensor TM do satélite LANDSAT, associando-se a cada uma delas uma cor primária. Neste trabalho, utilizou-se das bandas 3, 4 e 5 deste sistema sensor e as variações de cores estão associadas às diferenças de comportamento espectral dos alvos, conforme as faixas espectrais que operam cada banda TM.

Geralmente as composições coloridas não são realizadas com as imagens originais, pois, estas apresentam um baixo contraste, em termos de níveis de cinza, reproduzido em cada banda. Desta forma para se obter uma composição colorida, onde as cores primárias se apresentem bem participativas, utiliza-se as bandas realçadas, de acordo com os procedimentos indicados anteriormente.

O mapa de uso da terra referente ao cenário 1996 foi elaborado a partir da análise interpretativa das imagens, com o suporte de trabalho de verificação de campo.

#### c) Geo-referenciamento

O geo-referenciamento de imagens pode ser realizado com o apoio de informações contidas em cartas topográficas, através do registro entre a carta e a imagem.

Para a realização desta etapa utilizou-se da função *RESAMPLE* do IDRISI, que registra dados de um sistema raster para diferentes tipos de sistemas cobrindo a mesma área. Para isso adquiriu-se pontos de controle bem distribuídos pela área e semelhantes tanto na base cartográfica, quanto na imagem a ser corrigida, os quais foram obtidos em intersecções e bifurcações de estradas e curvas de rios.

#### d) Classificação digital

Esta etapa constituiu-se no reconhecimento de padrões de uso e ocupação através do método da classificação supervisionada, a qual preferencialmente deve ser feita com um conhecimento prévio da área a ser classificada, o que proporciona uma maior segurança em termos de resultado.

A coleta das amostras foi realizada por meio de uma análise do comportamento espectral dos alvos, traçando-se seus limites diretamente sobre a imagem no monitor de vídeo. Num primeiro momento, as amostras de mata, cerrado e eucalipto foram agrupadas devido à coincidência do comportamento espectral desses alvos,

Depois de criado um arquivo de amostras, foi obtido um arquivo de assinaturas, os quais possuem informações estatísticas sobre os valores de reflectância aparente nas diferentes bandas, relativas àquelas amostras. (aplicativo *MAKESIG* do Idrisi).

A técnica de classificação utilizada foi da máxima verossimilhança (*MAXVER*) que considera a ponderação das distâncias das médias e utiliza parâmetros estatísticos;

Após essa prévia classificação, realizou-se trabalho de verificação de campo, observando-se os dados da classificação digital, a imagem original e a correspondência com os alvos presentes. A partir da combinação destas informações, foi preparado o mapa de uso da terra para o cenário 1996, através de procedimento de reclassificação do mapa preliminar

### *Uso permissível da terra*

De acordo com Wischmeier e Smith (1978), quando a perda de solo por erosão é referenciada a uma dada tolerância (T), esta pode substituir o termo A (valor de perda) da EUPS. Através dos valores T, é possível obter valores do fator C permissível em relação as tolerâncias de perdas por erosão para cada tipo de solo, considerando o fator P igual a 1 (plântio vertente abaixo). Para a indicação de valores de C permissível, utiliza-se a relação, conforme já indicado em Donzeli et al (1992):

$$CP \text{ permissível} = T / PNE, \text{ para } P=1$$

Por sua vez, o quadro 4 (adaptado de BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990), mostra os valores da tolerância de perdas (valor T) para cada tipo de solo da área.

Tal procedimento foi também realizado no módulo de operações matemáticas do *IDRISI* e o mapa resultante foi reclassificado considerando categorias propostas em Donzeli et al. (1992), que consideram o uso da terra permissível condicionante do risco à erosão. O quadro 5 ilustra os dados obtidos neste procedimento.

O quadro demonstra que quanto mais próximo de zero (0) o uso torna-se mais restrito, pois sua capacidade de resistir à erosão é muito baixa, portanto apresentando risco alto à erosão do solo.

#### Quadro 4 - Valores de tolerância (T)

tipos de solo da área	tipos de solo (Bertoni e Lombardi Neto, 1990)	valores de T
Latossolo vermelho-escuro	Latossolo vermelho-escuro, orto	12,3
Latosso vermelho-amarelo	Latossolo vermelho-amarelo, orto	12,6
Podzólicos vermelho-escuro	Podzólicos vermelho-amarelo, variação Piracicaba	7,9
Podzólicos vermelho-amarelo	Podzólicos vermelho-amarelo, orto	6,6

Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (1990)

#### Quadro 5 - Valores de C permissível e graus/riscos à erosão

risco à erosão	grau	valor de Cpermissível
1	baixo	> 0,02
2	médio	0,020 – 0,001
3	alto	<0,001

Fonte: Donzelli et.al. (1992)

#### *A dinâmica do uso da terra e sua adequação*

Através da tabulação cruzada entre os cenários de uso da terra pode-se caracterizar o dinamismo em termos das áreas ocupadas. Este procedimento foi realizado no módulo *CROSSTAB* do *IDRISI*.

Primeiramente cruzou-se o mapa de uso da terra de 1962 com o de 1972 e em seguida com o de 1996. Desses cruzamentos extraiu-se os mapas mais representativos sobre as alterações sofridas pela vegetação natural, cultura perene e cana-de-açúcar. Nesta tabulação emprega-se a lógica "e" (intersecção de dados).

A adequação foi definida segundo as expectativas de erosão em relação ao uso da terra, cuja determinação, de acordo com Stein et al., (1987), se obtém a partir da discrepância entre o uso atual da terra e o uso permissível da terra. Portanto para cada cenário analisado (1962, 1972 e 1996, respectivamente) obteve-se um mapa de adequação.

Os cruzamentos foram executados no módulo *OVERLAY* do *IDRISI* e os mapas resultantes foram reclassificados no módulo *RECLASS* em quatro categorias, baseando-se no intervalo de classes por eles apresentados, como mostra o quadro abaixo:

Em seguida, utilizando-se do módulo *CROSSTAB* do *IDRISI*, realizou-se uma tabulação cruzada entre os mapas de adequação e os mapas de uso da terra para cada cenário, onde identificou-se as culturas que ocupam áreas inadequadas de baixa e média/alta expectativa de erosão.

**Quadro 6 - Classes de adequação de uso da terra**

valores de adequação	classes de adequação de uso da terra
< 0	adequado
0 – 0,05	inadequado com baixa expectativa de erosão
0,05 – 0,10	inadequado com média expectativa de erosão
< 0,10	inadequado com alta expectativa de erosão

Fonte: Donzelli et.al. (1992)

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como já indicado, tomou-se como base três cenários, 1962, 1972 e 1996, correspondendo a um período de mais trinta anos, tempo razoável para confrontar os resultados da ação do homem em termos de uso da terra em uma determinada área. Todos os mapas foram obtidos através dos produtos de sensoriamento remoto, sendo que os primeiros foram confeccionados a partir das fotografias aéreas e o de 1996 através de imagens orbitais.

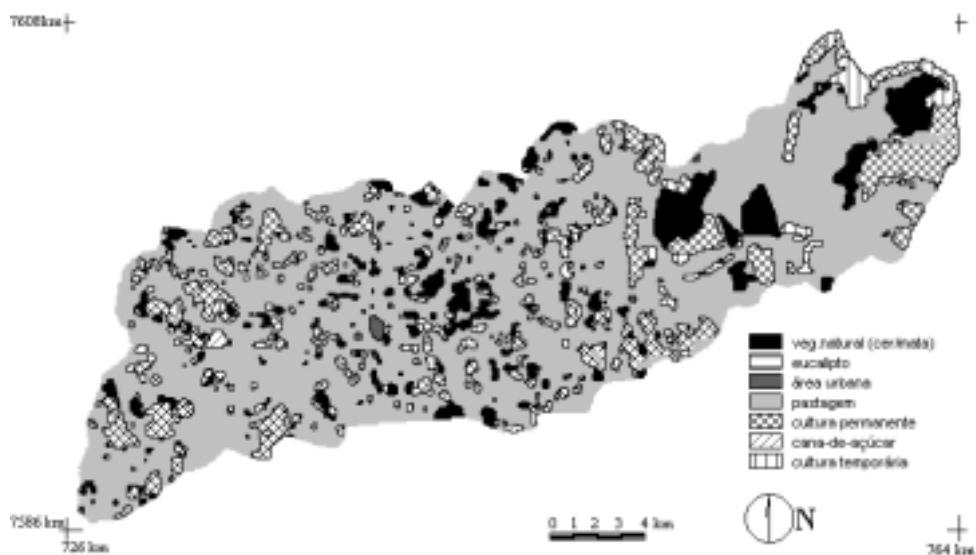
### *Uso da terra de 1962 e 1972*

O mapa referente à distribuição das classes de uso da terra (cenário 1962) encontra-se ilustrado na figura 4. A partir deste mapeamento foram obtidos, no IDRISI, os dados de ocorrência em área das respectivas classes, conforme indicado no quadro 7.

Através do mapa e do quadro observa-se que as ocupações dominantes foram as pastagens, as quais representaram mais da metade da área da bacia, com cerca de 24.885,8 ha. (70%). A cultura perene representada principalmente pelo café, já que a citricultura se restringia a pequenos pomares, ocupou 5.291,01 ha.(15%). A classe vegetação natural ainda era bastante expressiva, com área de ocorrência em torno de 3.413,92 ha.(10%), estando na terceira posição em termos de ocupação. Neste cenário as culturas anuais (milho, feijão, arroz e mandioca) restringiam-se a 1.479,49 ha.(4%), enquanto que a cana-de-açúcar, o reflorestamento e a área urbana juntos não ocupavam 1% da área total da bacia.

O mapeamento das classes de uso da terra, referente ao cenário 1972 (figura 5), revelou de acordo com o quadro 8 que as pastagens ocupavam a maior área da bacia com 23.815,59 ha.(67%). A classe cultura perene apresentou uma área de 3.925,87 ha.(11%), tendo, portanto, uma significativa redução em área em relação ao cenário de 1962. A vegetação natural também diminuiu para 2.595,43 ha.(7%). Já, ao contrário, as culturas anuais apresentam um crescimento, atingindo 4.129,13 ha.(12%) e a cana-de-açúcar chega aos 669,17 ha.(2%).

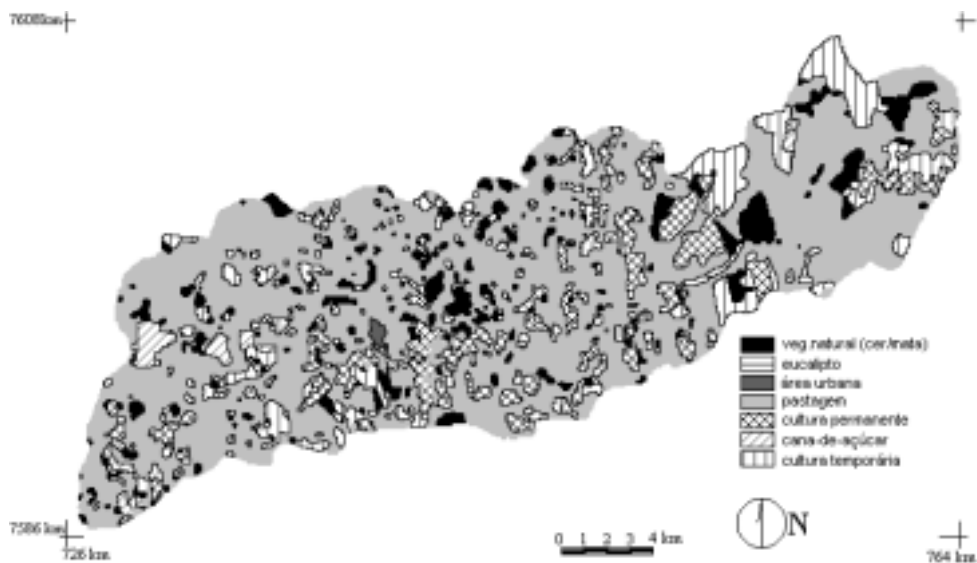
Figura 4 - Uso da terra – 1962



Quadro 7 - Área do uso da terra de 1962

Uso da terra	Área em hectares	Área em %
vegetação natural	3413,92	10%
reflorestamento	106,89	0,40%
área urbana	62,2	0,20%
pastagens	24885,8	70%
cultura perene	5291,01	15%
cana de açúcar	108,86	0,40%
culturas anuais	1492,23	4%
total	35360,91	100%

Figura 5 - Uso da terra – 1972



Quadro 8 - Área do uso da terra de 1972

Uso da terra	Área em hectares	Área em %
vegetação natural	2595,43	7%
reflorestamento	153,63	0,70%
área urbana	72,09	0,30%
pastagens	23815,59	67%
cultura perene	3925,87	11%
cana de açúcar	669,17	2%
culturas anuais	4129,13	12%
total	35360,91	100%



### *Uso da terra de 1996*

O mapeamento das classes de uso da terra referentes ao cenário 1996, foi realizado através da análise das imagens orbitais do TM/ LANDSAT 5. Conforme demonstrado no item metodologia, as imagens foram submetidas a procedimentos de tratamento digitais, com ênfase ao realce para produção de composição colorida multiespectral.

Inicialmente realizou-se a manipulação de contraste a partir da análise dos histogramas das imagens originais. Este procedimento resultou num maior contraste das imagens, possibilitando uma maior discriminação dos alvos contidos nas cenas imageadas.

A partir das imagens realçadas, produziu-se uma composição colorida multiespectral como forma de agrupar numa mesma imagem uma maior quantidade de informações associadas as diferentes cores. Nesta composição colorida as bandas TM3, TM4 e TM5 foram respectivamente associadas às cores azul, vermelho e verde. Desta forma, por exemplo, a vegetação fotossinteticamente ativa (com vigor de fitomassa) se apresenta nos matizes vermelho e vermelho-magenta, especialmente pela maior contribuição espectral na banda TM4. Por sua vez, as áreas apresentando condições de vegetação com menor vigor de fitomassa estão associadas aos matizes verde e verde-ciano. A partir destas condições já ocorre também a participação da resposta espectral dos solos subjacentes à vegetação. As áreas de solo mais expostas estão associadas aos matizes ciano a ciano bem claro.

A análise interpretativa destas imagens, a classificação digital e o apoio dos dados de verificação de campo permitiram um melhor reconhecimento dos padrões de uso da terra, cujo mapa está indicado na figura 6.

O cenário de 1996 apresenta acentuada alteração de uso, como pode ser visto no quadro 9. Nota-se um decréscimo acentuado das áreas de pastagens (29,5%) e um crescimento vertiginoso da cultura perene, agora representado quase que exclusivamente por citrus, ocupando quase que a metade da área da bacia (45,5%). A cana-de-açúcar é outra cultura que merece destaque, pois chegou a 10%. A cultura anual cresceu de 1962 para 1972, mas nas últimas duas décadas manteve-se constante em termos de área. Outro fato relevante é a diminuição da vegetação natural que passou a ocupar irrisórios 2,5% da área total.

### *Caracterização do Potencial Natural de Erosão (PNE)*

O PNE como já indicado, é determinado pela integração dos termos da EUPS, que se referem aos elementos do quadro natural, a saber: erosividade, erodibilidade e fator topográfico, respectivamente.

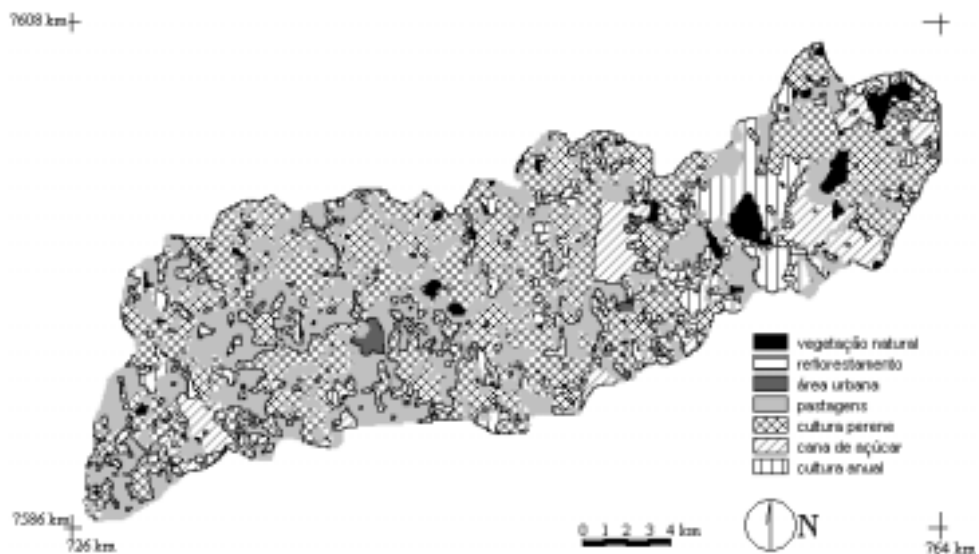
O termo erosividade foi obtido a partir do procedimento proposto por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992). O índice foi calculado a partir dos dados pluviométricos coletados dos três postos (C5-038, C5-081 e C5-107), como mostra o quadro 10.

O valor atribuído para a bacia, no entanto, foi uma média desses três índices indicados acima, como demonstrado no quadro 11.

Os dados demonstram que os maiores índices de precipitação e erosividade ocorrem nos meses de outubro a março, sendo que os valores máximos se concentram entre dezembro e fevereiro.

Quanto aos dados referentes ao fator erodibilidade, estes foram obtidos a partir do esboço fotopedológico elaborado para a bacia com apoio de informações obtidas no campo.

Figura 6 - Uso da terra – 1996



Quadro 9 - Área do uso da terra de 1996

Uso da terra	Área em hectares	Área em %
vegetação natural	861,44	2,5%
reflorestamento	133,32	0,40%
área urbana	163,24	0,50%
pastagens	10436,13	30%
cultura perene	16095,34	45,5%
cana de açúcar	3649,83	10%
culturas anuais	4021,61	11%
total	35360,91	100%

**Quadro 10 - Índice de erosividade para os três postos de coleta**

	Índice de erosividade		
	C5-038	C5-081	C5-107
janeiro	1559,6	1549,7	2145,2
fevereiro	1202,7	1136,7	1128,5
março	680,4	661,8	651,8
abril	187,5	234,8	260,2
maio	116,2	147,6	146,7
junho	79,1	93,8	74,5
julho	34	52,9	52,7
agosto	33,9	45,8	37,7
setembro	153,5	142,1	162,1
outubro	562,2	464,9	381,4
novembro	664,9	523,8	622,7
dezembro	1182,3	1224,8	1845,2
total	6456,3	6278,7	7508,7

**Quadro 11 - Índice médio de erosividade da bacia**

EI médio mensal	
janeiro	1751,5
fevereiro	1156
março	664,6
abril	227,5
maio	136,8
junho	82,5
julho	46,5
agosto	39,1
setembro	152,6
outubro	469,5
novembro	603,8
dezembro	1417,4
total	6747,8

Este esboço fotopedológico, ilustrado na figura 7, indica cinco diferentes tipos de solo, a saber: latossolo vermelho escuro (LE), latossolo vermelho amarelo (LV), podzólicos vermelho escuro (PE), podzólicos vermelho amarelo (PV) e hidromórficos (Hi).

A partir da identificação dos diferentes tipos de solo, os valores da erodibilidade (K) foram obtidos de acordo com a proposta apresentada por Bertoni e Lombardi Neto

Figura 7 - Mapa de declividade

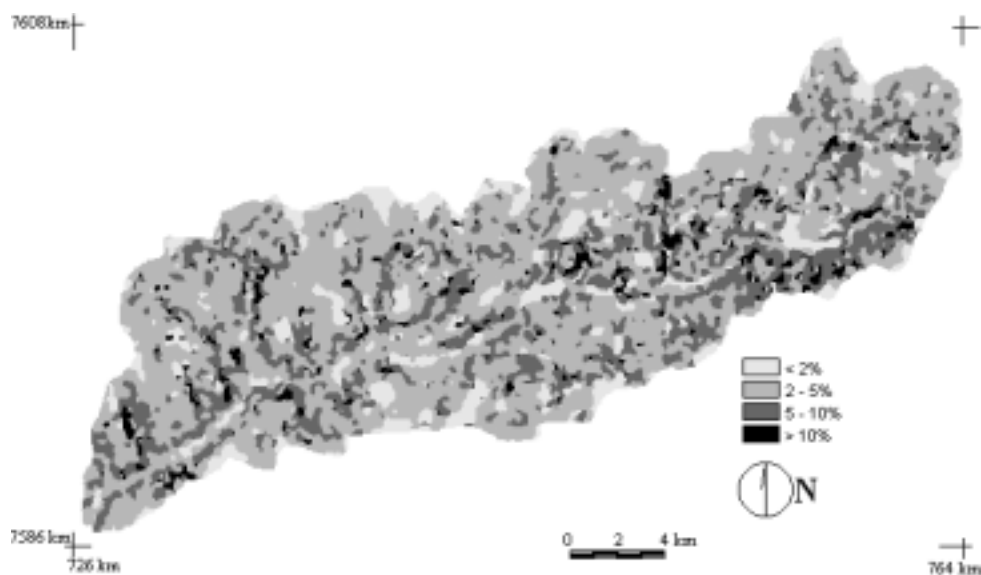
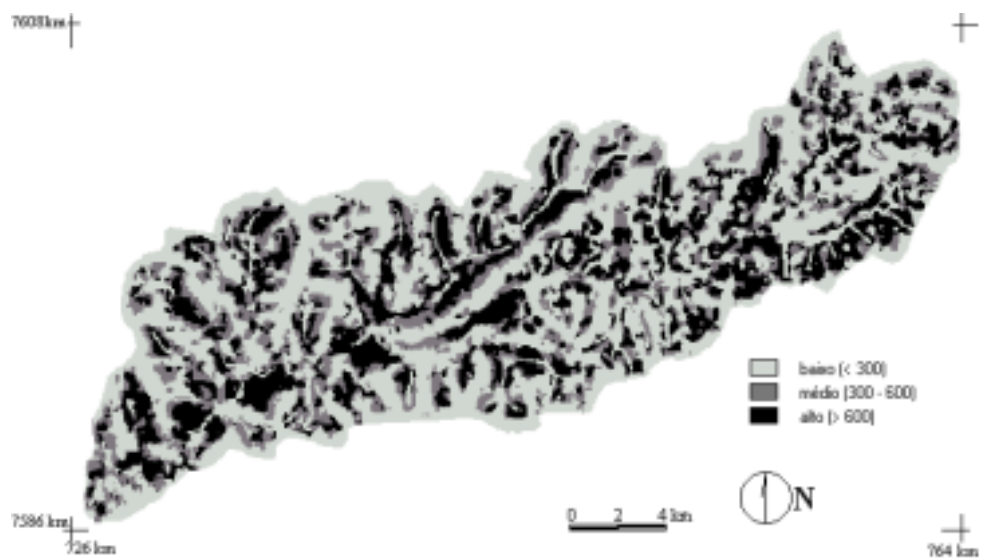


Figura 8 - Potencial natural de erosão

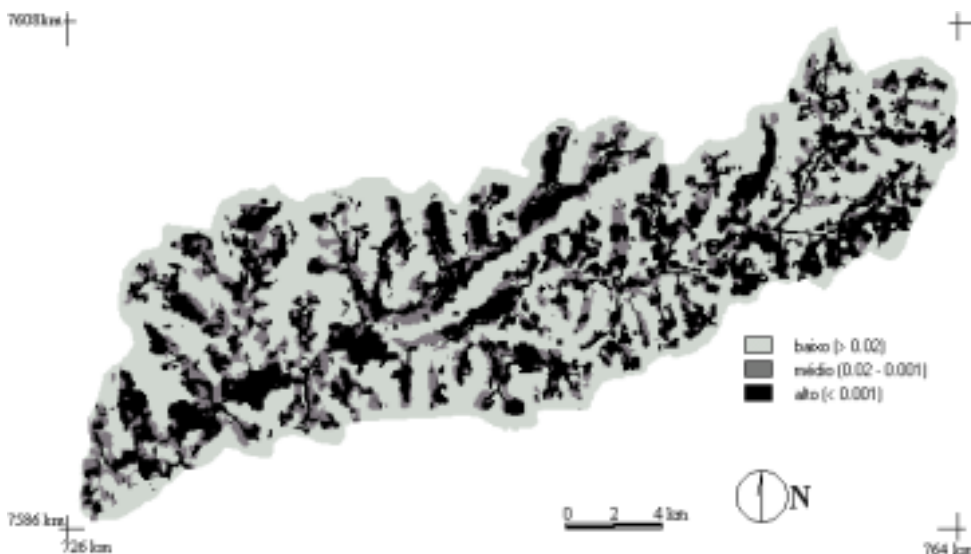


(1990) – quadro 2 - levando-se em consideração a proximidade de características entre os solos da área e aquelas apresentadas na relação elaborada pelos autores.

Por sua vez os dados do fator topográfico foram obtidos da documentação cartográfica, conforme já indicado no item metodologia. No que se refere à declividade, a mesma está representada na figura 8.

Os valores do PNE obtidos através do modelo EUPS, como já explicado no capítulo metodologia, estão representados espacialmente conforme a figura 9.

**Figura 9 - Uso permissível da terra**



**Quadro 12 - Área de PNE alto relacionado aos solos**

categorias de solos	PNE alto	
	área em ha	área em %
LE	294,44	3%
LV	1665,70	17%
PE	2419,90	25%
PV	5168,80	55%

**Quadro 13 - Área de PNE alto relacionado à declividade**

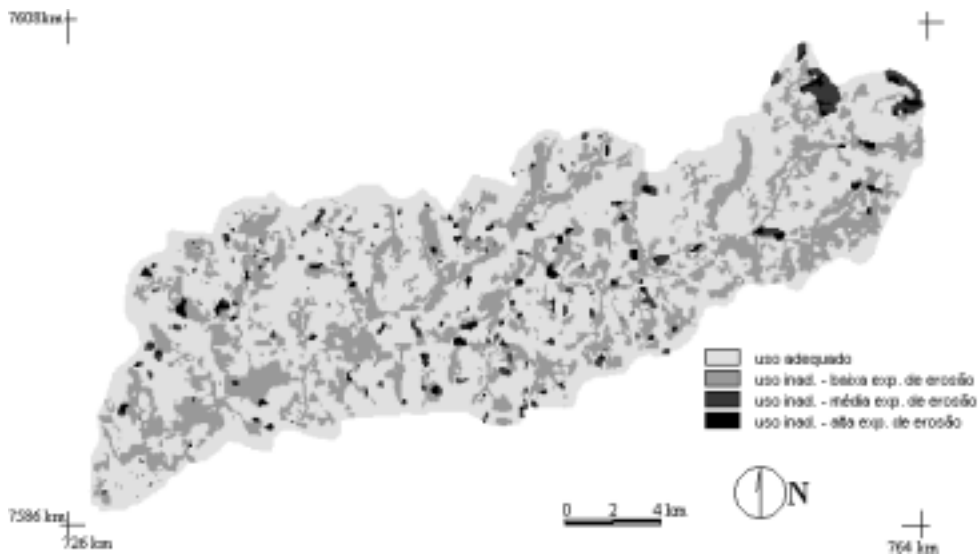
classes de declividade	PNE alto	
	área em ha	área em %
muito baixa	108,05	1%
baixa	2004,20	21%
média	6129,70	64%
alta	1306,80	14%

Ao observar os quadros 12 e 13, nota-se uma forte relação entre os valores de potencial natural à erosão com os solos (associados ao valor K), e ao relevo, principalmente com a declividade. Verifica-se que os maiores valores do PNE encontram-se em áreas onde o declive varia de médio a alto (78% das ocorrências) e em solos de alto valor de erodibilidade (K), especialmente nos tipos PV e PE (80%).

#### *Uso permissível da terra*

O uso permissível da terra (figura 10), conforme Donzeli et.al. (1992), constitui um atributo indicativo para o uso adequado da terra em termos dos limites de tolerância de perdas para cada tipo de solo. Ele é um indicador do provável ajuste da ocupação agrícola dos solos, em referência às características de elementos do meio físico intervenientes no processo de erosão (STEIN et al., 1987). Como já visto, foi obtido a partir da associação dos dados de PNE com os valores de perdas toleráveis para cada unidade de solo (T).

**Figura 10 - Mapa de adequação do uso da terra – 1962**



As categorias do uso permissível da terra, segundo o grau de risco à erosão e a sua ocorrência em área na bacia são apresentadas no quadro 14.

**Quadro 14 - Ocorrência das categorias do uso permissível da terra segundo o grau de risco à erosão**

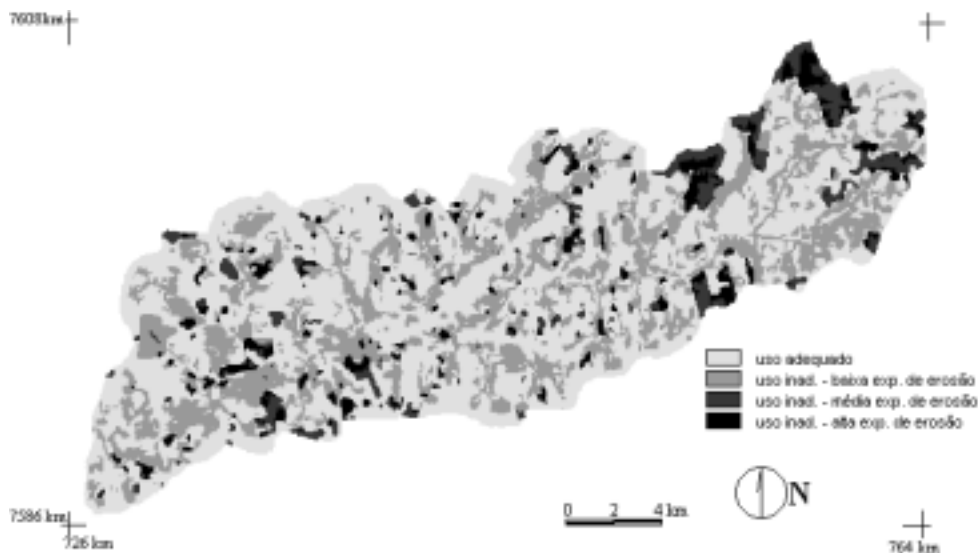
	área em ha	área em %
baixo risco à erosão	19206,50	54%
médio risco à erosão	4756,31	13,5%
alto risco à erosão	11398,10	32,5%
área total	35360,91	100%

Ao analisar o mapa e o quadro observa-se que a maior parte da bacia (19.206 ha.) apresenta um baixo risco à erosão, porém uma área considerável de 11.398,10 ha.(32,5% da área total) merece atenção especial, pois corresponde às áreas com alto risco à erosão.

#### *Adequação do uso da terra*

Como já comentado determinou-se a adequação do uso da terra, de acordo com às expectativas de erosão, considerando o uso da terra de cada cenário com os dados de uso permissível da terra. A distribuição espacial das classes de adequação de uso para cada cenário pode ser observada nos mapas (figuras 11, 12 e 13) demonstrados a seguir.

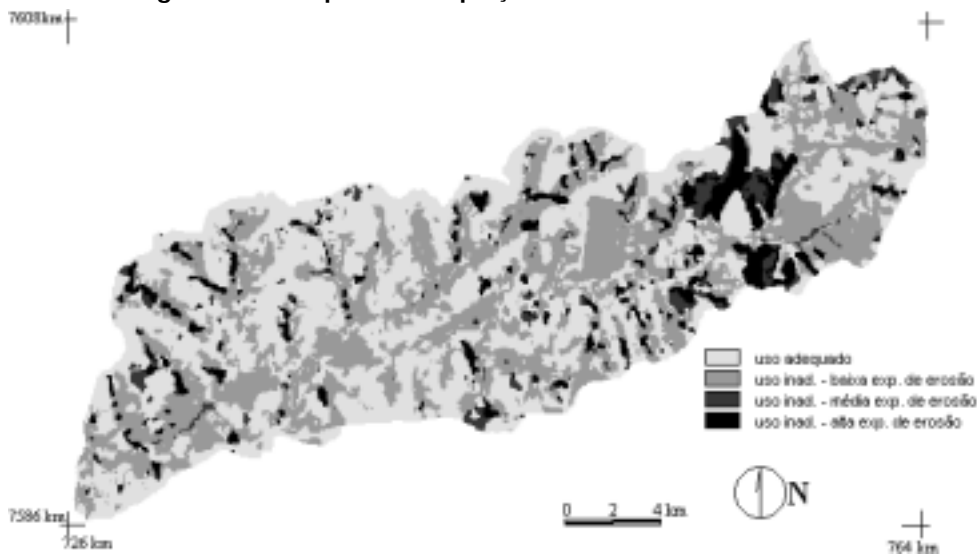
**Figura 11 - Mapa de adequação do uso da terra – 1972**



Em relação ao uso inadequado verifica-se pelos quadros 15 e 16 que em 1962, 11.947,08 ha.(34% da área da bacia) são relativos a eles, sendo que, 10.454,83 ha.(87,5%) referem-se às áreas de baixa expectativa à erosão, dos quais 22,38 ha. correspondem a reflorestamentos, 18,97 ha. à área urbana, 8835,65 ha. às pastagens, 1.468,97 ha. à cultura perene e 108,86 ha. à cana-de-açúcar. A área de média/alta expectativa à erosão está ocupada por culturas anuais que perfazem 1.492,25 ha.(12,5%)

Já em 1972 houve um crescimento da classe uso inadequado, passando para 14.690,84 ha.(41,5%), onde 10.552,54 ha.(72%) são alusivos às áreas com baixa expectativa de erosão, sendo 25,08 ha. de reflorestamento, 25,89 ha. de área urbana, 8.398,49 ha. de pastagens, 1.443,07 de cultura perene e 660 ha. de cana-de-açúcar. O restante, 4.138,30 ha.(28%) são referentes aos usos inadequados com média/alta expectativa de erosão, correspondentes a 9,17 ha. de cana-de-açúcar e 4.129,13 ha. de culturas anuais.

Figura 12 - Mapa de adequação do uso da terra – 1996



Quadro 15 - Uso inadequado segundo as expectativas de erosão

expect. erosão	1962		1972		1996	
	de área em ha	área em %	área em ha	área em %	área em ha	área em %
baixa	10454,83	87,5%	10552,54	72%	13790,28	77%
média/alta	1492,25	12,5%	4138,30	28%	4200,95	23%
total	11947,08	100%	14690,84	100%	17991,23	100%

Quadro 16 - Evolução do uso inadequado da terra

classes de uso	expect. de erosão	1962		1972		1996	
		área em ha	área em %	área em ha	área em %	área em ha	área em %
reflorest.	baixa	22,38	0,2%	25,08	0,2%	20,23	0,1%
área urb.	baixa	18,99	0,2%	25,89	0,2%	83,15	0,5%
pastagens	baixa	8835,65	74%	8398,49	57%	3049,94	17%
cult.perene	baixa	1468,97	12,2%	1443,08	10%	7098,62	39,4%
cana	baixa	108,86	1%	660	4,5%	3538,34	20%
cana	média/alta	-	-	9,17	0,1%	179,34	1%
cult.anual	média/alta	1492,23	12,4%	4129,13	28%	4021,61	22%
total		11947,08	100%	14690,84	100%	17991,23	100%



No cenário de 1996, percebe-se que a maior parte da área da bacia 17.991,23 ha.(51%) não está sendo adequadamente utilizada, porém este aumento está relacionado principalmente às áreas com baixa expectativa à erosão, que agora somam 13.790,28 ha.(77% do uso inadequado). Destes, 20,23 ha. são de reflorestamentos, 83,15 ha. de área urbana, 3.049,94 ha. de pastagens, 7.098,62 ha. de cultura perene e 3.538,34 de cana-de-açúcar. Os 4.200,95 ha. relativos ao uso inadequado com média/alta expectativa de erosão estão distribuídos em 179,34 ha. de cana-de-açúcar e 4.021,61 ha. de culturas anuais.

### *Considerações sobre a dinâmica do uso da terra na bacia do Ribeirão São João*

Para a compreensão do dinamismo do uso da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão São João (quadro 17), deve-se retomar o processo histórico da ocupação dessa região.

**Quadro 17 - Evolução do uso da terra**

Uso da terra	1962		1972		1996	
	Área em hectares	Área em %	Área em hectares	Área em %	Área em hectares	Área em %
vegetação natural	3413,92	10%	2595,43	7%	861,44	2,5%
reflorestamento	106,89	0,40%	153,63	0,70%	133,32	0,40%
área urbana	62,2	0,20%	72,09	0,30%	163,24	0,50%
pastagens	24885,8	70%	23815,59	67%	10436,13	30%
cultura perene	5291,01	15%	3925,87	11%	16095,34	45,5%
cana de açúcar	108,86	0,40%	669,17	2%	3649,83	10%
culturas anuais	1492,23	4%	4129,13	12%	4021,61	11%
total	35360,91	100%	35360,91	100%	35360,91	100%

Esta bacia hidrográfica está localizada numa região que até o final do século XIX havia sofrido pouca ou quase nenhuma interferência humana. Contudo, tal situação passou a ser modificada a partir do movimento pioneiro de ocupação territorial, impulsionado pela expansão cafeeira no sertão paulista.

Ao analisar o uso da terra da bacia hidrográfica constatou-se que a área ocupada pela cultura perene diminuiu de 1962 para 1972, passando de 15% da área ocupada para 11%, e apresentou um grande aumento em 1996, atingido 45% da área da bacia. Estas alterações são explicadas pelo fato de que a cultura perene, no primeiro período, é representada predominantemente pelo café, ficando evidenciado o declínio dessa atividade agrícola, a partir do início da década de 70.

A cafeicultura, que até então era a principal atividade econômica da região, foi quase que totalmente substituída pela citricultura que, segundo Vale (1998), aproveitou-se das condições básicas de infra-estrutura operacional e financeira promovidas pelo complexo cafeeiro.

A citricultura não só ocupou antigas áreas de café como passou a predominar por toda a bacia, principalmente a partir da década de 80, quando alcançou o máximo do seu desenvolvimento, não somente nesta região, como em todo o Estado de São Paulo. E, como comenta Vale (1998), essa evolução ocorreu graças ao aumento da concentração de capitais, promovida pela presença de grandes indústrias como a Citrosuco, Cutrale, Cargill e Frutesp.

Além da citricultura, outra atividade que merece destaque é a da cana-de-açúcar, que teve um acréscimo de área plantada em cerca de 11% no período entre 1962 e 1996 e constituiu-se na segunda principal atividade agrícola da bacia, apesar de apresentar uma área menor que a de culturas anuais. Isto ocorre porque estas últimas ocupam, na maioria das vezes, áreas de pomares de laranja velhos que foram erradicados para uma posterior substituição de novos pomares.

Estas duas atividades, que juntas perfazem um total de 56% da área da bacia, são frutos do processo de modernização agrícola do país. A expansão dessas atividades agrícolas "modernas" gera sérios impactos sociais ocasionados principalmente pelo êxodo rural e pelos desequilíbrios ambientais.

Vale (1998) demonstra que, no município citado, juntamente com o processo de expansão da cultura de citrus, ocorreu um rápido crescimento da população urbana, que passou de 37% em 1960 para 73% em 1996, enquanto que a população rural reduziu-se de 63% para 27%.

O "bóia-fria" reside nas periferias das cidades e vilas, deslocando-se continuamente para exercer seu trabalho em regime de empreitada nas áreas rurais. São trabalhadores assalariados temporários, pois trabalham em períodos alternados durante o ano, ou durante a colheita da laranja ou no período de corte da cana .

Além de gerar problemas referentes às relações de trabalho, o êxodo rural também é o principal fator do adensamento populacional na área urbana.

Este adensamento, afóra de promover uma ocupação desordenada do espaço urbano, é responsável por vários problemas, principalmente aqueles relacionados ao Ribeirão São João, que atravessa a cidade de Tabatinga. Dentre estes problemas pode-se citar a construção de moradias nas margens do ribeirão, sujeitas a desmoronamento e enchentes; a falta de saneamento básico, como o tratamento de esgoto, que é despejado *in natura*, além da deposição de lixo próximo ao leito.

Os principais problemas sociais relacionados aos impactos ambientais advêm do uso inadequado da terra, promovido pela ânsia de obter o máximo de produção, que consequentemente conduz a uma aplicação intensiva da tecnologia mecânica, química e biológica.

O inadequado uso da terra, a retirada da cobertura vegetal e a maximização do emprego de implementos agrícolas, provocam uma aceleração da erosão dos solos, a qual acarreta uma série de problemas como perda de solo pelo arraste de partículas, assoreamento dos cursos d'água, contaminação das águas por agrotóxicos e produtos químicos. Além destes, outro problema é a dificuldade de trânsito nas estradas, devido à formação de sulcos e bancos de areia.

A bacia hidrográfica do Ribeirão São João apresenta possibilidade de comprometimento devido a estes problemas. Além disso, apenas 2% dessa área ainda possui cobertura vegetal natural. Este fato é preocupante e seu reflexo pode ser sentido no forte assoreamento que o canal fluvial vem apresentando conforme observado no trabalho de apoio de campo.

As marcas dos processos erosivos pela água de escoamento superficial podem ser observadas ao longo da bacia, tanto próxima às plantações, como em pastagens e principalmente junto às estradas vicinais.

A identificação destas áreas que apresentam um processo de degradação potencial, como realizado nesse estudo, serve como subsídio ao planejamento racional do uso da terra.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O entendimento dos aspectos espacial e temporal da dinâmica do uso da terra é de fundamental importância para dar subsídios à estruturação de um plano de manejo sustentável de uma bacia hidrográfica, na medida em que os efeitos do seu uso inadequado promovem, sobretudo, uma intensificação da degradação ambiental, em particular os processos erosivos, que além de provocarem redução da produtividade natural dos solos agrícolas e danos aos recursos hídricos, acarretam também sérios problemas de ordem socio-econômica.

Através dos produtos de sensoriamento remoto (fotografias aéreas e imagens orbitais), foi possível coletar, respectivamente, as informações históricas e atualizadas do uso da terra, permitindo, assim, uma análise temporal na área de estudo e a espacialização dessas alterações

O tratamento das imagens orbitais, realizado através do processamento de imagens digitais, tornaram-nas mais informativas para o mapeamento das classes de uso da terra. Já a integração e análise dos dados foram conduzidas através dos Sistemas de Informações Geográficas, gerando produtos (mapas e tabelas) derivados e de síntese, possibilitando, assim, a visualização espacial e temporal do dinamismo da ocupação das terras.

A utilização combinada desses sistemas de geotecnologias, possibilita a realização de uma abordagem analítica e de síntese, bem como permite, também, agilizar a análise temporal dos dados e a constante atualização das informações, de fundamental importância para um planejamento comprometido com as soluções ou minimização de problemas sócio-ambientais.

O homem, ao utilizar as terras, principalmente através das atividades agrícolas, promove alterações na paisagem, pois, por melhor conduzidas que sejam, essas atividades agredem o ambiente, em diferentes graus de intensidade, sendo que quanto mais se utilizam tecnologias modernas, mais transformadoras se tornam.

Desta forma, percebe-se que, sem um planejamento racional do uso da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão São João, a tendência dos solos é de sofrerem um depauperamento mais intenso, gerando, num futuro não muito distante, uma situação insustentável em termos ambientais e, conseqüentemente, sociais.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M. de. **Geologia do Estado de São Paulo**. São Paulo, Secretaria da Agricultura, Instituto Geográfico e Geológico (Boletim n. 41), 1961. 263p..
- ANDERSON, J. R. et al. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensoriamento remoto**. Rio de Janeiro: SUPREN, 1979.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo, Ícone,1990.
- CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/ UNICAMP, 1992.
- DONZELI, P. et al. **Técnicas de Sensoriamento Remoto aplicadas ao Diagnóstico Básico para o planejamento e Monitoramento de Micro Bacias Hidrográficas**. Campinas: IAC (Documentos IAC, 29), 1992.
- FREIRE, O. Uso agrícola do solo: impactos ambientais. In: TAU-K-TORNISIELO, S.M. et al. **Análise Ambiental: estratégias e ações**. São Paulo: T.A. Queiroz, 1995. cap.7, p.293-296.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981a.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981b.

LEPSCH, I.F.; BELLINAZI JR, R.; BERTOLINI, D.; ESPINDOLA, C.R. **Manual para o levantamento utilitário do meio físico e classificação das terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCE, 1983.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, v.51, n°2, p. 18-196, 1992.

OLIVEIRA, A. M. M. **Análise da dinâmica do uso da terra**: estudo da bacia hidrográfica do Ribeirão São João (SP). Dissertação (Mestrado em Geografia, Área de Concentração Análise da Informação Espacial), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000, 127p.

PINTO, S.A.F. **Contribuição metodológica para análise de indicadores da erosão do solo utilizando técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelo predictivo**. Tese (livre docência) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1996. 136 p.

PINTO, S.A.F. **Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos**: contribuição metodológica. Tese (Doutorado em Ciências – Área Geografia Física), Departamento de Geografia, F.F.L.C.H, USP, São Paulo, 1991. 130 p.

PINTO, S.A.F.; VALÉRIO FILHO, M.; GARCIA, G.J., Utilização de imagens TM/LANDSAT na análise comparativa entre dados de uso da terra e de aptidão agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13 , p.101-110, 1989.

PRADO, H. **Manual de classificação de solos do Brasil**. 3ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 1996.

DAEE. **Séries de dados pluviométricos do estado de São Paulo**, São Paulo: DAEE, 1994.

SETZER, J. **Atlas climatológico e ecológico do estado de São Paulo**. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai, 1966.

SCHOWENGERDT, R.A. Remote sensing – models and methods for image processing. London, Academic Press, 1997. 522p. (2<sup>nd</sup> ed.).

STEIN, D.P.; DONZELLI, P.L.; GIMENEZ, A.F.; PONÇANO, W.L.; LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão laminar, natural e antrópico, na bacia do Peixe-Parapanema. In: IV SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSIÃO DA A.B.C., 4., 1987, Marília. **Anais...** Marília: ABGE, pp. 105-135, 1987.

VALE, A.R. do. **Evolução e características da citricultura paulista**: o caso de Tabatinga. Dissertação (Mestrado em Geografia, Área de Concentração Organização do Espaço) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998. 153 p..

VALÉRIO FILHO, M. Gerenciamento de bacias hidrográficas com aplicação de técnicas de geoprocessamento. In: TAU-K-TORNISIELO, S.M. et al **Análise ambiental**: estratégias e ações. São Paulo: T.A. Queiroz, cap.3, pp.135 1995.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning**. U.S.: Department of Agriculture, Washington (DC), 1978. (Agriculture Handbook, 537). 58p.

Recebido em maio 2002

Aceito em julho 2002